Arab Republic of Egypt

☞ EDICT OF GOVERNMENT ☜

ES 6470-1 (2008) (Arabic): MECHANICAL VIBRATION OF NON-RECIPROCATING MACHINES-MEASUREMENT ON ROTATING SHAFTS AN EVALUATION CRITERIA . Part 1: GENERAL GUIDELINES

BLANK PAGE

المواصفات القياسية المصرية

ES

م ق م : ٦٤٧٠-١/ ٢٠٠٨

ISO 7919-1/1996

الاهتزازات الميكانيكية للماكينات غير الترددية – القياسات على الأعمدة الدوارة ومعايير التقييم

الجزء : الأول

إرشادات عامة

جمهورية مصر العربية

الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة

تاريخ الاعتماد : ٢٠٠٨/٣/٢٧

الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة

العنوان : ١٦ ش تدريب المتدربين – السواح – الأميرية.

تليفون : ٢٢٨٤٥٥٢٢– ٢٢٨٤٥٥٢٤

فاكس : ٢٢٨٤٥٥٠٤

بريد الكترونى : moi@idsc.net.eg

موقع الكترونى : www.eos.org.eg

م ق م : ٦٤٧٠ – ١/ ٢٠٠٨
ISO 7919-1/1996

مقدمة

م ق م : ٦٤٧٠ -١ / ٢٠٠٨ والخاصة بـ " الاهتزازات الميكانيكية للماكينات غير الترددية – القياسات على الأعمدة الدوارة ومعايير التقييم جـ١ : إرشادات عامة " متماثلة فنيا مع المواصفة القياسية الدولية ISO 7919-1/1996

تصدر هذه المواصفة القياسية فى خمسة أجزاء

١- إرشادات عامة
٢- التوربينات البخارية المثبتة على الأرض ذات قدرات أكبر من ٥٠ ميجاوات وسرعات تشغيل ١٥٠٠-١٨٠٠-٣٠٠٠-٣٦٠٠ ل/دقيقة
٣- الماكينات الصناعية المتصلة
٤- مجموعات التوربينات الغازية
٥- مجموعات الماكينة فى محطات توليد القوة الهيدروليكية و محطات الضخ

قام بإعداد هذه المواصفة اللجنة الفنية رقم١٣/٥ والخاصة بـ " الاهتزازات الميكانيكية و الصدمات "

الاهتزازات الميكانيكية للماكينات غير الترددية – القياسات على الأعمدة الدوارة ومعايير التقييم

الجزء الأول: إرشادات عامة

تصدر هذة المواصفة فى خمسة أجزاء ، هى كالتالى :
الجزء الأول : إرشادات عامة
الجزء الثانى : التوربينات البخارية والمولدات المثبتة على الأرض ذات قدرات أكبر من ٥٠ ميجا وات وسرعات تشغيل عادية ١٥٠٠-١٨٠٠-٣٠٠٠-٣٦٠٠ لفة/دقيقة
الجزء الثالث : الماكينات الصناعية المتصلة
الجزء الرابع : مجموعات التوربينات الغازية
الجزء الخامس: مجموعات الماكينة فى محطات توليد القوة الهيدروليكية و محطات الضخ

١- المجال

يقدم هذا الجزء من هذه المواصفة الإرشادات العامة لقياس وتقييم اهتزازات الماكينات عن طريق القياسات التى تتم مباشرة على الأعمدة الدوارة ، وذلك بغرض تحديد اهتزازات الأعمدة بالنسبة إلى:
أ) التغيرات فى السلوك الاهتزازى.
ب) الحمل الحركى المفرط.
حـ) مراقبة الخلوصات القطرية.

ويتم تطبيق هذا الجزء من هذه المواصفة على القياسات الخاصة لكل من اهتزازات أعمدة الدوران المطلقة والنسبية فى الاتجاه القطرى ، ولاتطبق على اهتزازات اللى لأعمدة الدوران . وكذلك لاتنطبق على الاهتزازات المحورية لأعمدة الدوران . ويتم تطبيق هذه الإجراءات لمراقبة تشغيل الماكينات واختبارات القبول على تختة الاختبار ، وكذلك عملية التثبيت ، كما تقوم هذه الارشادات بوضع حدود التشغيل .

:
تتضمن الأجزاء الأخرى من هذه المواصفة معايير التقييم للرتب المختلفة من الماكينات حيثما تتوافر هذه الأجزاء. و فى نفس الوقت فان بعض هذة الإرشادات مذكورة فى الملحق(أ) من هذا الجزء.

:
يتم استخدام مصطلح (اهتزازات أعمدة الدوران) خلال هذا الجزء من هذه المواصفة لأنه فى معظم الحالات يتم إجراء القياسات على أعمدة دوران الماكينات مباشرة، ومع ذلك يمكن تطبيق هذه المواصفة على القياسات التى تتم على الأجزاء الدوارة الأخرى بشرط أن توضع فى الإعتبار الإرشادات العامة.، إذا ما وجد أن هذه الأجزاء مناسبة جدا .

لأغراض هذه المواصفة ، تعتبر مراقبة التشغيل هى قياسات الاهتزازات التى تتم خلال التشغيل العادى . وتسمح هذه المواصفة باستخدام كميات و قياسات متعددة ومختلفة ، بشرط أن يتم تعريفها بشكل جيد ، ويتم وضع حدودها بحيث يمكن تفسير القياسات بشكل يمكن فهمه جيداً.
لايتم تطبيق هذا الجزء من هذه المواصفة على الماكينات الترددية.

٢- المراجع المكملة

٢/ ١ المواصفة القياسية المصرية رقم ٤٦٠٣ ـ١ /٢٠٠٤ الخاصة بـ "الاهتزازات الميكانيكية - تقييم الاهتزازات الميكانيكية عن طريق إجراء قياسات على الأجزاء الدوارة جـ ١: إرشادات عامة "

٣- القياسات

٣/ ١ كميات القياس

٣/ ١/ ١ الإزاحة

الإزاحة هى كمية القياس المفضلة لقياس اهتزاز أعمدة الدوران ، وتكون وحدة القياس هى الميكرومتر $[1\mu m = 10^{-6} m]$

:

إن الإزاحة هى كمية متجهة ، وبالتالى فعند مقارنة إزاحتين قد يكون من الضرورى الأخذ فى الإعتبار زاوية الطور بينهما (انظر أيضاً الملحق د).

ينطبق هذا الجزء من هذه المواصفة على كل من القياسات النسبية والمطلقة لاهتزازات أعمدة الدوران ، فيتم تعريف الإزاحة كالتالى:

أ) الإزاحة النسبية : وهى الإزاحة الاهتزازية بين عمود الدوران والجزء المقابل من الهيكل، مثل مبيت كرسى التحميل أو غلاف الماكينة ، أو:

ب) الإزاحة المطلقة: وهى الإزاحة الاهتزازية لعمود الدوران بالنسبة إلى نظام مرجعى مستقل.

:

يجب الإشارة بوضوح إلى ما إذا كانت قيم الإزاحة مطلقة أو نسبية.

يتم أيضا تعريف الإزاحات المطلقة والنسبية بكميات إزاحة مختلفة وعديدة ، تستخدم كل منها الآن بشكل واسع النطاق. وتتضمن هذه الكميات :

$S_{(P-P)}$ الإزاحة الاهتزازية الذروة إلى الذروة فى اتجاه القياس.

S_{max} اقصى إزاحة اهتزازية فى مستوى القياس

ويمكن استخدام أى من كميات الإزاحة هذه فى قياس اهتزازات أعمدة الدوران ، ومع ذلك يجب تحديد هذه الكميات بوضوح لضمان التفسير الصحيح للقياسات بما يتوافق مع المعايير الموضحة بالبند ٥. ويوضح الشكلان ب/١ و ب/٢ العلاقة بين كل من هذه الكميات.

:

تستخدم حالياً القيمة الأكبر فى القيمتين الخاصتين بإزاحة الذروة إلى الذروة المقاستين فى اتجاهين متعامدين ، فى معايير التقييم. وفى المستقبل حينما تتراكم الخبرات، فإن الكمية $S_{(P-P)\,max}$ و المحددة فى الشكل ب/٢ قد تكون المفضلة.

٣/ ١/ ٢ مدى التردد

يجب أن يكون قياس الاهتزازات النسبية والمطلقة للأعمدة واسع النطاق بحيث يمكن تغطية طيف التردد للماكينات بشكل كاف.

٣/ ٢ أنواع القياسات

٣/ ٢/ ١ قياسات الاهتزازات النسبية

يتم إجراء القياسات النسبية للاهتزازات بشكل عام بواسطة محول طاقة غير ملامس يقوم بالإحساس بالإزاحة الاهتزازية بين عمود الدوران وجزء من هيكل الماكينة (مثل مبيت الكرسى).

٣/ ٢/ ٢ قياسات الاهتزازات المطلقة

يتم إجراء قياسات الاهتزازت المطلقة بواحدة من الطرق الآتية:

أ) بواسطة مجس ناقل اهتزازات مثبت على عمود دوران ، مثبت عليه محول طاقة زلزالى (مقياس من النوع الخاص بالسرعة أو مقياس التسارع) بحيث يقوم بقياس الاهتزازات المطلقة لعمود الدوران بشكل مباشر،

ب) بواسطة محول طاقة غير ملامس و الذى يقيس الاهتزاز النسبى لعمود الدوران بالاشتراك مع محول طاقة زلزالى (من النوع الخاص بالسرعة أو التسارع) والذى يقوم بقياس اهتزاز الدعائم. ويتم تثبيت هذين المحولين قريباً من بعضهما البعض بحيث يخضعان لنفس الحركة المطلقة فى اتجاه القياس. ويتم تجميع مخرجات المحولين جمعا اتجاهيا وذلك بعد تهيئتهما،للحصول على قياسات الحركة المطلقة لعمود الدوران

٣/ ٣ إجراءات القياس

٣/ ٣/ ١ عام

يفضل وضع محولات الطاقة فى أماكن معينة بحيث يمكن تقييم الحركة الجانبية للعمود عند النقاط الهامة.
ويوصى فيما يخص القياسات النسبية والمطلقة، بأن يتم وضع محولين عند أو قريباً من كراسى التحميل فى كل ماكينة. ويجب تثبيتهما فى الاتجاه القطرى فى نفس المستوى (المستعرضه) عمودياً على محور عمود الدوران أو قريباً من ذلك قدر الإمكان وتكون محاورهم فى نطاق $\pm 5^{o}$ من الخط القطرى ، ويفضل تثبيت كلا المحولين عند $(90 \pm 5)^{o}$ كل على حدة على نفس شق كرسى التحميل ، ويجب أن تكون المواضع المختارة هى نفس المواضع عند كل كرسى تحميل.
ويمكن استخدام محول فردى عند كل مستوى قياس بدلاً من زوج المحولات المتعامدة المعروف ، إذا ما كان واضحاً أنه يوفرمعلومات كافية عن اهتزاز عمود الدوران.
ويوصى بعمل قياسات خاصة لتحديد الإنتحاء الكلى غير الاهتزازى والذى يسببه عدم التجانس الفلزى لسطح عمود الدوران والمغناطيسية الموضعية المتبقية والإنتحاء الكلى الميكانيكى للعمود. ويجب ملحوظة أنه بالنسبة للدوارات غير المتماثلة، فإن تأثير الجاذبية يمكن أن يعطى إشارة غير صحيحة للإنتحاء الأقصى.
ويعرض الملحق(ج) للتوصيات الخاصة بالتجهيزات .

٣/ ٣/ ٢ إجراءات قياس الاهتزازات النسبية

عادة ما يتم تثبيت محولات طاقة الاهتزازات النسبية من النوع غير الملامس فى ثقوب ملولبة (قلاووظ) على غطاء كرسى التحميل أو بواسطة سنادات قوسية صلبة قريبه من مبيت كرسى التحميل. وأينما يتم تثبيت محولات الطاقة على كرسى التحميل فيجب وضعها بحيث لا تتداخل مع إسفين ضغط التشحيم. ومع ذلك يمكن عمل ترتيبات خاصة لتثبيت المحولات فى مواضع محورية أخرى ، ولكن فى هذه الحالة يجب استخدام معايير مختلفة للاهتزازات خاصة بالتقييم. وبالنسبة للمحولات التى يتم تثبيتها بواسطة سنادات قوسية فيجب أن تكون السنادات خالية من الترددات الطبيعية والتى تؤثر بشكل سلبى على قدرة المحول على قياس الاهتزازات النسبية لعمود الدوران.

يجب أن يكون سطح عمود الدوران عند موضع التقاط البيانات- مع الأخذ فى الإعتبار الطفو المحورى الكلى للعمود تحت كل الظروف الحرارية- أملس وخالياً من التقطعات الهندسية ،(مثل مجارى الخابور وممرات التزليق والأسنان الملولبة). كما يجب أن يكون خالياً من عدم التجانس الفلزى والمغناطيسية الموضعية المتبقية مما قد ينتج عنه إشارات غير صحيحة. وفى بعض الظروف يمكن قبول سطح عمود الدوران المطلى كهربياً أو المطلى بالمعدن ،ولكن يجب ملاحظة أن المعايرة قد تختلف. ويوصى بألا يزيد الإنتحاء الكلى الكهربى والميكانيكى مجتمعين ، والذى يتم قياسه بمحول طاقة لايزيد على ٢٥٪ من إزاحة الاهتزاز المسموح بها والمحددة طبقاً للملحق (أ) أو ٦ ميكرومتر او أيهما أكبر. أما بالنسبة للقياسات التى تتم على الماكينات الموجودة فعلياً فى الخدمة وتعمل منذ فترة، وحيث لايوجد أى اشتراط أصلي لقياس اهتزازات أعمدة الدوران فقد يستلزم الأمر استخدام معايير أخرى للإنتحاء الكلى.

٣/ ٣/ ٣ إجراءات قياسات الاهتزازات المطلقة باستخدام جمع من محولات طاقة الاهتزاز النسبى الزلزالى وغير الملامسة

إذا ما تم استخدام جمع من محولات طاقةالاهتزازات النسبية الزلزالية ومحولات الطاقة غير الملامسة فيتم الحصول على الاهتزاز المطلق بجمع نتائج كلا محولى الطاقة بشكل متجهى ٠ وقد حددت البند ٢/٣/٣ طريقة تثبيت المحولات غير الملامسة والمتطلبات الخاصة بها. بالإضافة إلى ذلك يتم تثبيت محول طاقة زلزالى بإحكام على هيكل الماكينة (مبيت كرسى التحميل) قريباً من محول الطاقة غير الملامس بحيث يخضع كلا المحولين إلى نفس الاهتزاز المطلق لهيكل الدعائم فى اتجاه القياس. وتكون المحاور الحساسة الخاصة بالمحولات الزلزالية وغير الملامسة متوازية بحيث ينتج عن إشاراتها الشرطية المجمعة متجهياً قياسات دقيقة للاهتزاز المطلق لعمود الدوران .

٣/ ٣/ ٤ إجراءات قياس الاهتزازات المطلقة باستخدام آلية ناقل اهتزازات مركب مع محول طاقة زلزالى

يجب تثبيت محول الطاقة الزلزالى (من النوع الخاص بالسرعة أو مقياس التسارع) فى الاتجاه القطرى على آلية ناقل اهتزازات مركب على عمود الدوران. ولايجب أن تكون هذه الآلية مقلقلة أو مثبتة بشدة بشكل يغير اهتزازات عمود الدوران المشار إليها. يتم تثبيت هذه الآليه كما هو مذكور فى الجزء الخاص بتثبيت محولات الطاقة فى البند ١/٣/٣.

ويجب أن يكون سطح عمود الدوران المركب عليه الآلية- مع الأخذ فى الإعتبار الطفو المحورى الكلى لعمود الدوران تحت جميع الظروف الحرارية- أملساً وخالياً من التقطعات الدورانية ،مثل مجارى الخابور

والأسنان الملولبة. ويوصى بألا يزيد الإنتحاء الكلى والميكانيكى للعمود على ٢٥٪ من إزاحة الاهتزاز المسموح بها والمحددة طبقاً للملحق (أ) أو ٦ ميكرومتر او أيهما أكبر.
وقد يكون هناك سرعة سطحية و/ أو بعض الحدود الأخرى لإجراءات عمود الدوران المركب عليه الآلية مثل تكوين الأغشية الزيتية الهيدروديناميكية تحت محول الطاقة والتى قد تعطى قراءات خاطئة ، وبالتالى يجب استشارة المصنعين فيما يخص الحدود الممكنة.

٣/ ٤ ظروف تشغيل الماكينة

يجب أن يتم إجراء قياسات الاهتزازات للأعمدة تحت شروط متفق عليها فيما يخص مدى تشغيل الماكينات. ويجب أن تتم هذه القياسات بعد الوصول إلى ظروف حرارية وظروف تشغيل متفق عليها. إضافة إلى ذلك يمكن أخذ القياسات تحت بعض الظروف ، مثل الدوران البطئ ، السرعة التمهيدية (سرعة التسخين) والسرعة الحرجة..الخ ، ومع هذا قد لاتكون نتائج هذه القياسات صالحة للتقييم بما يتوافق مع الفقرة ٥.

٣/ ٥ قواعد وهياكل الماكينة

إن نوعية قواعد الماكينة وهياكلها (مثل شبكة الأنابيب) قد تؤثر بشكل كبير على الاهتزازات المقاسة. وبشكل عام يمكن عمل مقارنة صحيحة للقيم الاهتزازية للماكينات من نفس النوع ، إذا ما كان للقواعد والهياكل نفس الخصائص الديناميكية.

٣/ ٦ الاهتزاز البيئى (الوسط المحيط) وتقييم نظام القياس

قبل القيام بقياس الاهتزازات للماكينة التى تعمل (فى التشغيل) يجب أن يتم عمل فحص بنفس نظام القياس ومراكزه على الماكينة فى حالة عدم التشغيل. وإذا ما زادت نتائج تلك القياسات على ثلث القيم المحددة لسرعة التشغيل فيجب أخذ إجراءات مناسبة لإزالة تأثيرات الاهتزاز البيئى(الوسط المحيط).

٤- التجهيزات

إن التجهيزات المستخدمة بما يتلاءم مع غرض هذا الجزء من المواصفة تصمم بشكل يضع فى الاعتبار درجة الحرارة والرطوبة ووجود أى عوامل تآكل، وكذلك سرعة سطح عمود الدوران ومواد عمود الدوران وطبيعة صقل سطحه ووسط التشغيل (الماء او الزيت او الهواء أو البخار) الذى يلامس محول الطاقة ، والصدمة والاهتزاز (ثلاث محاور رئيسية)، والضوضاء المنتقلة فى الهواء ، والمجالات المعناطيسية، والكتل المعدنية القريبه من حافة محول الطاقة ، والتراوح والتذبذب لجهد خط الطاقة.
ويفضل أن يحتوى نظام القياس بامكانية المعايرة الخطية لتلك التجهيزات، إضافة إلى ذلك مخرجات مستقلة و ملائمة لتسمح بتحليلات أخرى أبعد ،حيثما يتطلب الأمر ذلك.

٥- معايير التقييم

٥/ ١ هناك اثنان من العوامل الرئيسية التى يتم بها الحكم على اهتزاز عمود الدوران ، وهما:
أ) الاهتزاز المطلق لعمود الدوران .
ب) اهتزاز عمود الدوران بالنسبة إلى العناصر الهيكلية.

٥/ ٢ إذا ما كان معيار التقييم هو التغير فى اهتزاز عمود الدوران فإنه:
أ) عندما يكون اهتزاز الهيكل الذى يتم تثبيت محول الطاقة النسبى لعمود الدوران عليه صغيراً (وهذا يعنى أقل من ٢٠٪ من الاهتزاز النسبى للعمود) فيمكن استخدام إما الاهتزاز النسبى لعمود الدوران أو الاهتزاز المطلق لعمود الدوران كقياس لاهتزاز عمود الدوران.
ب) عندما يكون اهتزاز الهيكل الذى يتم تثبيت محول الطاقة النسبى لعمود الدوران عليه ٢٠٪ أو أكثر من الاهتزاز النسبى لعمود الدوران، فيجب قياس الاهتزاز المطلق لعمود الدوران. وإذا ما وجد هذا القياس أكبر من الاهتزاز النسبى للعمود، فيجب استخدامه كقياس لاهتزاز عمود الدوران.

٥/ ٣ وإذا ما كان معيار التقييم هو الحمل الحركى على كرسى التحميل فإن الاهتزاز النسبى لعمود **الدوران** يجب أن يستخدم كمقياس لاهتزاز عمود الدوران.

٥/ ٤ إذا ما كان معيار التقييم هو خلوص الساكن/الدوار فإنه:
أ) عندما يكون الهيكل الذى يتم تثبيت محول الطاقة النسبى للعمود عليه صغيراً (وهذا يعنى أقل من ٢٠٪ من الاهتزاز النسبى للعمود) فإن الاهتزاز النسبى للعمود يستخدم كقياس لامتصاص الخلوص.
ب) عندما يكون اهتزاز الهيكل الذى يتم تثبيت محول الطاقة النسبى لعمود الدوران عليه ٢٠٪ أو أكثر من الاهتزاز النسبى لعمود الدوران فيمكن استخدام قياسات الاهتزاز النسبى لعمود الدوران كقياس لامتصاص الخلوص إلا إذا كان اهتزاز الهيكل الذى يتم تثبيت محول الطاقة النسبى لعمود الدوران عليه لايمثل الاهتزاز الإجمالى للساكن. ففى هذه الحالة الأخيرة سيكون هناك حاجة لقياسات خاصة.

٥/ ٥ بما أن اهتزاز عمود الدوران المرتبط بنطاق تصنيف محدد يعتمد على حجم وكتلة الجسم المهتز وخصائص نظام التثبيت ومخرجات الماكينات واستخدام الماكينات. لذلك يكون من الضرورى الوضع فى الاعتبار الظروف والأغراض المتعددة الموجودة عند تحديد الأمدية المختلفة لاهتزاز عمود الدوران لفئة محددة من الماكينات ويجب أن يكون هناك مرجع لمواصفات المنتج حيثما يكون ذلك متاحاً.

٥/ ٦ يبين الملحق (أ) المبادئ العامة لتقييم اهتزازات الأعمدة على الماكينات المختلفة. وترتبط معايير التقييم بكل من مراقبة التشغيل وإختبارات القبول ، وتنطبق فقط على الاهتزازات التى تنتجها الماكينة نفسها وليس على الاهتزازات التى تنتقل من الخارج. وقد تم تكملة الإرشادات المقدمة فى هذا الجزء من هذه المواصفة لفئات محددة من الماكينات . بتلك الإرشادات المقدمة فى المواصفة المدرجة ببند ١/٢ من المراجع المكملة للقياسات التى تتم على الأجزاء غير الدوارة من الماكينات. وإذا ما تم تطبيق إجراءات كلتا المواصفتين القياسيتين فإن تلك الأكثر تحديداً وإلزاماً هى التى يتم تطبيقها.
وستقدم الأجزاء الأخرى من هذه المواصفة معايير محددة لفئات وأنواع الماكينات المختلفة.

٥/ ٧ إن التقييم الموجود فى هذه الوثيقة الرئيسية ينحصر فى الاهتزاز الواسع النطاق دون الإشارة إلى مكونات التردد أو الطور. وهذا يكون كافياً فى معظم الحالات لأغراض اختبارات القبول ومراقبة التشغيل. ولكن فى بعض الحالات يكون مطلوباً استخدام بيانات المتجه لتقييم الاهتزازات على أنواع محددة من الماكينات. وتعد بيانات تغير المتجه مفيدة بشكل خاص فى اكتشاف وتحديد التغيرات فى الحالة الديناميكية للماكينة والتى قد لايمكن اكتشافها فى بعض الحالات عند استخدام قياسات الاهتزاز الواسع النطاق.

ويوضح هذا فى الملحق د. أما فيما يخص مواصفات المعايير الخاصة بتغيرات المتجه فهى خارج نطاق هذا الجزء من هذه المواصفة.

٥/ ٨ قد يكون الاهتزاز الذى يتم قياسه على ماكينة محددة ذا حساسية للتغيرات فى ظروف التشغيل للحالة الثابتة. وفى معظم الحالات لايكون هذا ذا أهمية. ولكن فى بعض الحالات تكون حساسية الاهتزازات هامة بحيث أنه بالرغم من انه مقدار الاهتزازات لماكينة معينة قد يكون مرضياً عند قياسه تحت ظروف ثابتة محددة فإنه قد يصبح غير مرض إذا ما تغيرت هذه الظروف.

ويوصى بأنه فى الحالات التى يكون بها شك فى بعض نواحى حساسية الاهتزاز فى الماكينات أن يتم الوصول إلى اتفاق بين العميل والمورد حول أهمية ومدى اى إختبار أو التقييم النظرى.

الملحق (أ)

(مرجعى)

المبادئ العامة لمواءمة معايير التقييم للأنواع المختلفة من الماكينات

مقدمة

تعتمد خصائص معايير التقييم الخاصة باهتزازات أعمدة الدوران على عدد كبير من العوامل ، وتختلف المعايير التى يتم اتخاذها بشكل رئيسى باختلاف أنواع الماكينات ، وفى بعض الحالات باختلاف الدوارات المرتبطة فى نفس الخط. لذلك يكون من الضرورى التأكد من المعايير الصحيحة للماكينات المحددة والتأكد أيضاً من أن المعايير المرتبطة بأنواع معينة من الماكينات لايتم تطبيقها بشكل خاطئ على باقى أنواع الماكينات. (فعلى سبيل المثال يمكن أن تختلف معايير التقييم للضواغط عالية السرعة التى تعمل فى مصانع البتروكيماويات بشكل كبير عن معايير التقييم الخاصة بالمولدات التوربينية الكبيرة).

وحالياً يوجد عدد قليل من المواصفات القياسية المنشورة والخاصة باهتزازات أعمدة الدوران. والكثير من هذه المواصفات يختص بماكينات متخصصة ولايوجد لها تطبيقات واسعة الأنتشار فى المجالات الأخرى.

ويقدم هذا الملحق أساسيات تحديد معايير التقييم فيما يخص قيم اهتزازات الذروة إلى الذروة (انظر الملحق ب) ، ولاتوجد فى هذا الملحق أى محاولة لتحديد قيم الاهتزازات، حيث ستتضمن الأجزاء المطورة من هذا الجزء من هذه المواصفة تلك القيم فيما يخص الأنواع والفئات المختلفة من الماكينات.

أ/١ العوامل التى تؤثر على معايير التقييم

هناك العديد من العوامل المختلفة التى لابد من وضعها فى الاعتبار عند تحديد معايير التقييم الخاصة بقياسات اهتزازات أعمدة الدوران . ومن بين هذه ما يلى :

أ) الغرض الذى يتم إجراء القياس من أجله (فعلى سبيل المثال تختلف متطلبات التأكد من الحفاظ على الخلوص فى حالة التشغيل عن تلك إذا ما كان الغرض الرئيسى هو تجنب الحمل الحركى المفرط على كرسى التحميل.

ب) نوعية قياس الاهتزاز (مطلق أو نسبى) .

حـ) الكميات المقاسة (انظر الملحق ب).

د) الموضع الذى تؤخذ عنده القياسات.

هـ) التردد الدورانى لعمود الدوران.

و) نوع كرسى التحميل والخلوص والقطر.

ز) وظيفة ومخرجات وحجم الماكينة التى يتم القياس عليها.

ح) المرونة النسبية لكراسى التحميل والركائز والقواعد.

ط) كتلة الدوار ومرونته.

ويتضح من ذلك أن هذا المدى من العوامل يجعل من المستحيل تحديد معايير تقييم فريدة يمكن تطبيقها على جميع الماكينات. وتعد المعايير المختلفة التى يتم اشتقاقها (الوصول إليها) من الخبرة التشغيلية ضرورية للماكينات المختلفة. ولكن فى أفضل الأحوال يتم اعتبارها خطوط إرشادية ، وستكون هناك حالات تعمل فيها الماكينات بأمان وبشكل مرض بدون أى مواصفات عامة.

أ/٢ معايير التقييم

يتم استخدام معيارين لتقييم اهتزازات عمود الدوران، أحدهما يختص بمقدار اهتزاز عمود الدوران الواسع النطاق الذى يتم ملاحظته والآخر يختص بالتغيرات فى المقدار بصرف النظر عما إذا كانت هذه التغيرات بالزيادة أو النقصان.

أ/٢/١ المعيار الأول: مقدار الاهتزازات عند السرعة التصميمية تحت ظروف تشغيل مستقرة

يختص هذا المعيار بتعريف ووضع حدود لمقدار اهتزازات أعمدة الدوران تتوافق مع الأحمال الديناميكية المقبولة على الكراسى، والسماح الكافى لغلاف الخلوص القطرى للماكينة، وكذلك الحد المقبول للإهتزازات الى الركائز والقواعد ، ويتم تقييم مقدار الحد الأقصى لإهتزاز عمود الدوران الملاحظ عند كل كرسى تحميل مقارنة بأربع مناطق محددة متعارف عليها من الخبرة العالمية ٠

ويوضح الشكل (أ/١) رسم تخطيطى للاهتزازات المسموح بها فيما يخص اهتزاز الذروة إلى الذروة لعمود الدوران مقابل نطاق سرعة التشغيل. ومن المتفق عليه بشكل عام أن القيم الحدية للاهتزازات تتناقص مع زيادة سرعة تشغيل الماكينة ولكن القيم الفعلية ومعدل تغيرها مع السرعة تختلف باختلاف أنواع الماكينات.

أ/٢/١/١ مناطق التقييم

تم تحديد مناطق التقييم التالية بحيث تسمح بالتقييم الكيفى للتأكد من عمل تقييم جيد لاهتزازات عمود الدوران فى ماكينة ما ، وأيضاً لتقديم إرشادات للإجراءات الممكن اتخاذها.

المنطقة أ: تقع اهتزازات الماكينات الجديدة التى تم تشغيلها حديثاً داخل هذه المنطقة.

المنطقة ب: تعد اهتزازات الماكينات التى تقع فى نطاق هذه المنطقة مقبولة للتشغيل لفترة طويلة غير محددة.

المنطقة ج: تعد الماكينات التى لها اهتزازات تقع فى هذه المنطقة غير مقبولة للتشغيل المستمر طويل المدى . عموما فى هذه الحالة يمكن تشغيل الماكينة لفترة محددة من الوقت حتى تظهر فرصة مناسبة لاتخاذ إجراء علاجى للمشكلة.

المنطقة د: تعد قيم الاهتزازات التى تندرج تحت هذه المنطقة شديدة الخطورة بحيث يمكن ان تسبب تلف الماكينة.

أ/٢/١/٢ حدود مناطق التقييم

القيم العددية المخصصة لحدود المناطق ليست موضوعة بغرض أن تكون مواصفات للقبول ، ولكن هذه القيم تقدم إرشادات تضمن تجنب العيوب الكبرى والمتطلبات غير الواقعية.

أ/٢/٢ المعيار الثانى: التغير فى مقدار الاهتزازات

يقدم هذا المعيار تقييماً للتغير فى مقدار الاهتزازات بالمقارنة بقيمة مرجعية موجودة سابقاً. وعند حدوث أى زيادة أونقصان واضح فى مقدار اهتزاز واسع النطاق يجب التدخل حتى لو لم يصل مقدار الاهتزاز الى حد المنطقة (جـ) الواردة فى المعيار الأول ٠مثل هذه التغيرات يمكن أن تكون لحظية أومتزايدة مع الوقت ، ويمكن أن تشير إلى أن تلفاً قد حدث للماكينة، أو قد تكون تحذيراً لعطل وشيك، أو وجود مشاكل أخرى من عدم الاستقرار. وقد تم تحديد المعيار الثانى على أساس التغير فى مقدار الاهتزازات واسعة النطاق والتى تحدث عند ظروف تشغيل مستقرة. وعندما يتم تطبيق المعيار الثانى يجب أخذ قياسات الاهتزازات التى يتم مقارنتها عند نفس موقع محول الطاقة واتجاهه وتحت نفس الظروف التشغيلية للماكينة تقريباً. ويجب فحص أى تغيرات واضحة عن مقدار الاهتزازات المعتادة لتجنب أى موقف خطر ٠

وتقدم أجزاء أخرى من هذه المواصفة معايير لتقييم التغير فى الاهتزازات واسع النطاق بغرض مراقبة الماكينات. ومع ذلك يجب ملاحظة أن بعض التغيرات قد لا يمكن اكتشافها إلا إذا تم مراقبة مركبات التردد كل على حدة (انظر البند ٥ /٧).

أ/٣/٢ الحدود التشغيلية

من المعتاد أن يتم وضع حدود تشغيل لقيم الاهتزاز لبعض أنواع الماكينات فى حالة التشغيل المستمر. وتأخذ هذه الحدود شكل تنبيهات الخطورة والايقاف للخطورة ٠

تنبيهات الخطورة: تستخدم للتحذير من وصول قيمة الاهتزازات إلى قيمة محددة ، أو أن تغيراً كبيراً فى الاهتزازات قد حدث، مما يستوجب تقديم حل علاجى للمشكلة. وبشكل عام عند حدوث موقف تحذيرى فإن التشغيل يمكن أن يستمر لفترة، بينما يتم تقصى أسباب التغير فى الاهتزازات وتحديد حل لعلاج المشكلة.

الإيقاف للخطورة: لتحديد مقدار الاهتزازات الذى لايجب تجاوزه، والذى إذا ما تم تشغيل الماكينات بشكل زائد عليه يمكن أن يسبب تلف الماكينة. فإذا ما تعدت قيم الاهتزازات قيمة الإيقاف للخطورة ، فيجب إتخاذ إجراء فورى لتقليل الاهتزازت أو إيقاف الماكينة.

ويمكن تعيين حدود تشغيل مختلفة تعكس الفرق فى الأحمال الديناميكية الواقعة على الماكينة وكزازة الركائز فى مواضع واتجاهات قياس مختلفة.

وتعرض الأجزاء ا لأخرى من هذه المواصفة إرشادات لتحديد معايير تنبيهات الخطورة والإيقاف للخطورة لأنواع محددة من الماكينات.

أ/١/٣/٢ ضبط تنبيهات الخطورة

تختلف قيم تنبيه الخطورة صعوداً وهبوطاً فى الماكينات المختلفة. ويتم تحديد القيم المختارة بالنسبة إلى قيم أساسية متعارف عليها من الخبرات السابقة لموضع واتجاه القياس لهذه الماكينة بعينها.

ويوصى بأن تكون قيمة تنبية الخطورة أكبر من القيمة الأساسية بنسبة مساوية للحد الأعلى من المنطقة ب. وإذا ما كانت القيمة الأساسية منخفضة فإن حد تنبية الخطورة يكون أقل من المنطقة ج.

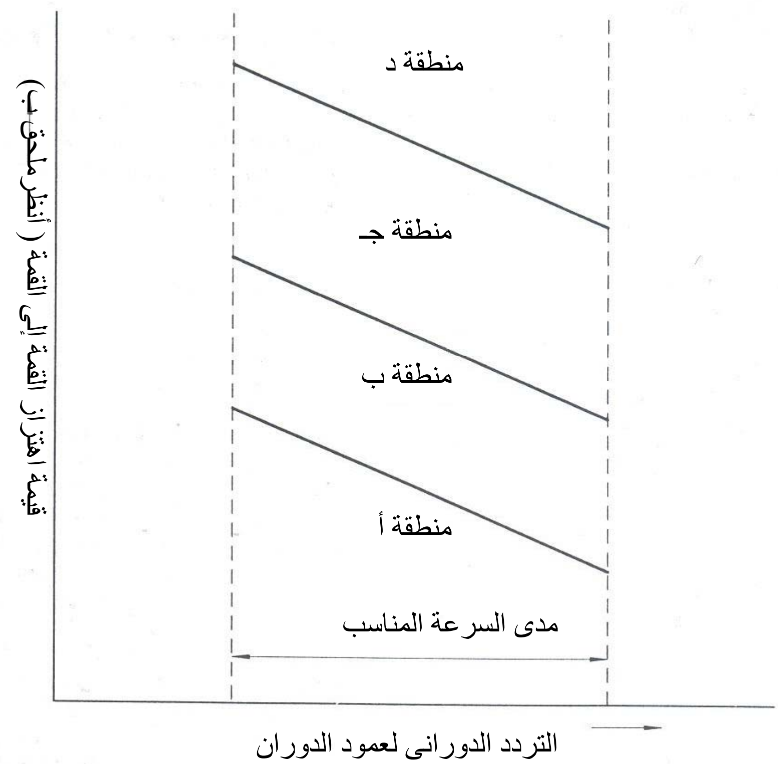
وعندما لايكون هناك قيمة أساسية، على سبيل المثال فى الماكينات الجديدة ، فإن التحديد المبدئى لقيم تنبية الخطورة يجب أن يقوم إما على الخبرة السابقة فى التعامل مع الماكينات المشابهة الأخرى ، أو بالنسبة إلى قيم القبول المتفق عليها. فبعد مرور فترة من الوقت سيتم تحديد قيمة أساسية ثابتة ، وبناء عليها يتم ضبط وتحديد قيمة تنبيهات الخطورة.

وإذا ما تغيرت القيمة الأساسية الثابتة (بعد عمل عمرة للماكينة على سبيل المثال) فيجب مراجعة وتعديل قيم تنبيه الخطورة بناء على ذلك. وقد تكون قيم تنبيه الخطورة التشغيلية مختلفة لكراسى التحميل المختلفة فى الماكينات ، و تعكس الإختلاف فى الأحمال الديناميكية وكزازة ركائز كراسى التحميل .

أ/٢/٣/٢ وضع قيم الإيقاف للخطورة

ترتبط قيم الإيقاف للخطورة بشكل عام بالسلامة الميكانيكية للماكينة، كما تعتمد على أى خصائص تصميمية معينة تساعد الماكينات على مقاومة وتحمل القوى الديناميكية غير العادية.وتكون القيم المستخدمة، هى نفس القيم فى كل الماكينات التى لها نفس التصميم ولا ترتبط بالقيم الثابتة الأساسية التى تستخدم فى وضع حدود تنبيهات الخطورة.

لايمكن عادة تحديد إرشادات عن القيم المطلقة لتنبيهات الخطورة ، حيث قد يوجد اختلافات فى الماكينات المختلفة التصميم. و عموماً فإن قيم الإيقاف للخطورة تقع فى نطاق المنطقة (ج) أو المنطقة (د).



:

تختلف القيم الحقيقية للاهتزازات عند حدود منطقة التقييم و مدى السرعة المناسبة للأنواع المختلفة من الماكينات . من المهم اختيار المعايير المناسبة وتجنب أى تقدير عشوائى .

شكل أ/١ مثال عام لمعايير التقييم

الملحق (ب)

(إرشادى)

اشتقاق كميات القياس

ب/١ ميكانيكية اهتزاز أعمدة الدوران

إن اهتزاز عمود الدوران الدوار عند اى موضع محورى يميزه مدار حركى ، وهو يصف كيفية اختلاف موقع مركز عمود الدوران باختلاف الزمن. ويوضح الشكل ب/١ مدارمثالى. ويعتمد شكل المدار على الخصائص الديناميكية للعمود وكراسى التحميل وركائزها وقواعدها ، والموضع المحورى على الدوار، وشكل إثارة الاهتزاز. فإذا كانت الإثارة على سبيل المثال تأخذ شكل قوة جيبية فردية التردد يكون المدار إهليليجيا والذى يكون فى ظروف خاصة دائرة أو خطاً مستقيماً. ويكون الزمن الذى يستغرقه مركز عمود الدوران لإكمال دورة واحدة للمدار الإهليليجى مساوياً لفترة قوة الإثارة. ويعد عدم إتزان الدوار أحد أهم قوى الإثارة التى يكون فيها تردد الإثارة مساوياً للتردد الدورانى للعمود. ولكن هناك أشكال أخرى من الإثارة مثل لاتماثلية المقطع العرضى للدوار والذى يكون له تردد مساوياً لمضاعفات التردد الدورانى للعمود ، وحيثما يظهر الاهتزاز على سبيل المثال كنتيجة لقوى مثارة ذاتياً غير مستقرة فإن المدار لايأخذ الشكل البسيط ولكن يتغير شكله على مدى الفترة الزمنية وقد لايكون بالضرورة مميزاً بشكل توافقى. وعموماً قد ينشأ اهتزاز عمود الدوران من عدد من المصادر المختلفة ولذلك قد ينتج عنه مدار مركب، ويكون هو المجموع المتجهى لتأثيرات قوى الإثارة المفردة.

ب/٢ قياس اهتزازات عمود الدوران

يمكن الحصول على مدار عمود الدوران عند أى موضع محورى عن طريق أخذ القياسات بواسطة اثنين من محولات طاقة الاهتزاز يتم تثبيتهما فى مستويات قطرية مختلفة ويفصل بينهما زاوية مقدارها ٩٠° (هذا هو مقدار الفصل المفضل ، ولكن الإختلاف بشكل بسيط عن ذلك لايسبب أخطاءً ذات أهمية). وإذا ما كانت الزاوية بين المجسين مختلفة جوهرياً عن ٩٠° فسيكون هناك حاجة إلى تحليل المتجهات إلى الاتجاهات المتعامدة.وإذا ما كانت محولات الطاقة تقوم بقياس الاهتزاز المطلق فسيكون المدار هو المدار المطلق لعمود الدوران مستقلاً عن الحركة الاهتزازية للأجزاء غير الدوارة. وإذا ما كانت محولات الطاقة تقوم بقياس الاهتزاز النسبى فسيكون المدار المقاس منسوباً لهذا الجزء من الهيكل والذى يتم تثبيت محولات الطاقة عليه.

ب/٣ الكميات المقاسة

ب/٣/١ الموضع المتوسط الناتج عن التكامل الزمنى

إن القيم المتوسطة لإزاحة عمود الدوران $(\bar{x},\bar{y})$ فى أى اتجاهين متعامدين محددين، بالنسبة إلى موضع مرجعى كما هو موضح فى الشكل ب/١ يتم تعريفها بتكاملات بالنسبة للزمن كما توضحها المعادلات التالية:

$$\overline{x} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} x(t)\,dt$$ ب-١

$$\overline{y} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} y(t)\,dt$$ ب-٢

حيث x(t) و y(t) هما القيم المتغيرة المعتمدة على الزمن والخاصة بالإزاحة بالنسبة إلى الموضع المرجعى، وتكون الفترة الزمنية للقيمة (t_2-t_1) كبيرة بالنسبة لفترة زمنية لمركبة الاهتزاز الأقل ترددً. وفى حالة قياس الاهتزاز المطلق يكون الموضع المرجعى ثابتاً فى الحيز. وفى حالة قياس الاهتزاز النسبى فإن هذه القيم تشير إلى الموضع المتوسط للعمود بالنسبة إلى الأجزاء غير الدوارة عند الموضع المحورى ، حيث يتم أخذ القياسات. وقد يكون التغير فى القيم ناتجاً عن عدد من العوامل ، مثل تحركات كرسى التحميل / القاعدة، والتغيرات فى خصائص الغشاء الزيتى .... الخ والتى تحدث ببطء بالنسبة للفترة الزمنية لمركبة الاهتزاز والتى يعوض عنها بقيم بديلة .
ويجب ملحوظة أن الموضع المتوسط الناتج عن التكامل الزمنى فى أى اتجاه يختلف عن الموضع الذى يتم تحديده بأخذ نصف المجموع لقيم الإزاحة الكبرى والصغرى (انظر شكل ب/٢). ولكن عندما يكون اهتزاز عمود الدوران فردى التردد وجيبيا فإن المحل الهندسى لمركز عمود الدوران يكون اهليليجيا . وفى هذه الحالة فإن الموضع المتوسط الناتج عن التكامل الزمنى فى أى اتجاه قياس سيكون نفس الموضع الذى تم تحديده بأخذ نصف المجموع لقيم الإزاحة الكبرى والصغرى.

ب/٢/٣ إزاحة الاهتزاز من القمة إلى القمة

إن الكميات الرئيسية ذات الأهمية فى قياسات أعمدة الدوران هى القيم المتغيرة التى تصف شكل المدار. فيمكننا النظر إلى المدار الحركى للعمود الموضح بشكل ب/٢ وافتراض ان محولى الطاقة A و B ويفصلهما زاوية مقدارها ٩٠° وهما المستخدمان لقياس اهتزاز عمود الدوران. وعند لحظة معينة سيكون مركز عمود الدوران متطابقاً مع النقطة K على المدار وستكون القيمة اللحظية المناظرة الناتجة من إزاحة عمود الدوران من الوضع المتوسط هى القيمة S_1. ولكن فى مستوى محولى الطاقة (أ ، ب) ستكون القيم اللحظية الخاصة بإزاحة عمود الدوران عن الموضع المتوسط هى S_{A1} و S_{B1} على التوالى ، حيث:

$$S_1^2 = S_{A1}^2 + S_{B1}^2$$ ب-٣

وتختلف القيم S_1 و S_{A1} و S_{B1} مع الزمن ، حيث يتحرك مركز عمود الدوران حول المدار، ويوضح شكل ب/٢ أشكال الموجة المناظرة والتى تقاس بكل محول طاقة على حدة.

:

إذا كان المدار إهليليجياً فستكون أشكال الموجه هذه موجات جيبية خالصة بنفس التردد.

ويتم تعريف قيمة الإزاحة من الذروة إلى الذروة فى مستوى محول الطاقة A ($S_{A(p-p)}$) بأنها الفرق بين اقصى و ادنى ازاحة لمحول الطاقة A وكذلك لـ S_B بالنسبة لمحول الطاقة B. ويتضح أن قيم $S_{A(p-p)}$ و $S_{B(p-p)}$ لن تكون متساوية ، وبشكل عام ستكون مختلفة عن نفس القياسات التى أخذت فى اتجاهات قطرية أخرى. ومن ثم فإن قيمة إزاحة الذروة إلى الذروة تعتمد على اتجاه القياس.

وحيث أن كميات القياس هذه لاتعتمد على القيمة المطلقة للموضع المتوسط فلايكون ضرورياً استخدام أنظمة يمكنها قياس كلً من القيم المتوسطة والمتغيرة.

وتعد الإزاحة من الذروة إلى الذروة هى الوحدة التى تستخدم بشكل متكرر فى مراقبة اهتزازات الماكينات الدوارة، وبينما يعد أمراً سهلاً قياس الإزاحة من الذروة إلى الذروة فى أى اتجاهين متعامدين، يكون من الصعب قياس القيمة والوضع الزاوى لاقصى إزاحة من الذروة إلى الذروة مباشرة والموضحة بشكل ب/٢. ولكن بالتجربة والممارسة وجد انه من المقبول استخدام كميات قياس بديلة تمكن من الحصول على تقريب مناسب للقيمة القصوى للإزاحة من الذروة إلى الذروة.

وللوصول إلى تحديد أدق يكون من الضرورى فحص المدار بمزيد من التفصيل باستخدام راسم الذبذبات الضوئى(أوسلوسكوب) على سبيل المثال. وتوضح البنود من ب/١/٢/٣ إلى ب/٣/٢/٣ أكثر ثلاث طرق شيوعاً للحصول على تقريب ملائم.

ب/١/٢/٣ الطريقة (أ): المحصلة الناتجة عن قيم الإزاحة من القمة إلى القمة المقاسة فى اتجاهين متعامدين

يمكن تقريب قيمة $S_{(p-p)max}$ من المعادلة التالية:

$$S_{(p-p)max} = \sqrt{S^2_{A(p-p)} + S^2_{B(p-p)}} \qquad \text{ب-٤}$$

إن استخدام المعادلة (ب-٤) كتقريب عندما يكون الاهتزاز سائداً عند التردد الدورانى يرفع تقدير قيمة $S_{(p-p)max}$ بنسبة خطأ قصوى ٤٠٪ تقريبا .

ويكون أقصى خطأ للمدار الدائرى ثم يقل تدريجيا كلما أصبح المدار أكثر تسطيحاً ويكون الخطأ صفر فى حالة كون المدار خط" مستقيما" .

ب/٢/٢/٣ الطريقة (ب): أخذ القيم القصوى لقيم الإزاحة من القمة إلى القمة المقاسة فى اتجاهين متعامدين

يمكن تقريب قيمة $S_{(p-p)max}$ من المعادلة التالية:

$$S_{(p-p)max} = S_{A(p-p)} or\, S_{B(p-p)} \qquad \text{ب-٥}$$

أيهما أكبر

إن استخدام المعادلة (B.5) كتقريب عندما يكون الاهتزاز سائداً عند التردد الدورانى يقلل من تقدير قيمة $S_{(p-p)max}$ بنسبة خطأ قصوى ٣٠٪ تقريبا.

ويكون أقصى خطأ للمدار المستقيم ، ثم يقل تدريجيا كلما أقترب المدار من الدائرة. ويكون الخطأ صفر عندما يكون المدار دائرياً.

ب/٣/٢/٣ الطريقة (ج): قياس القيمة S_{max}

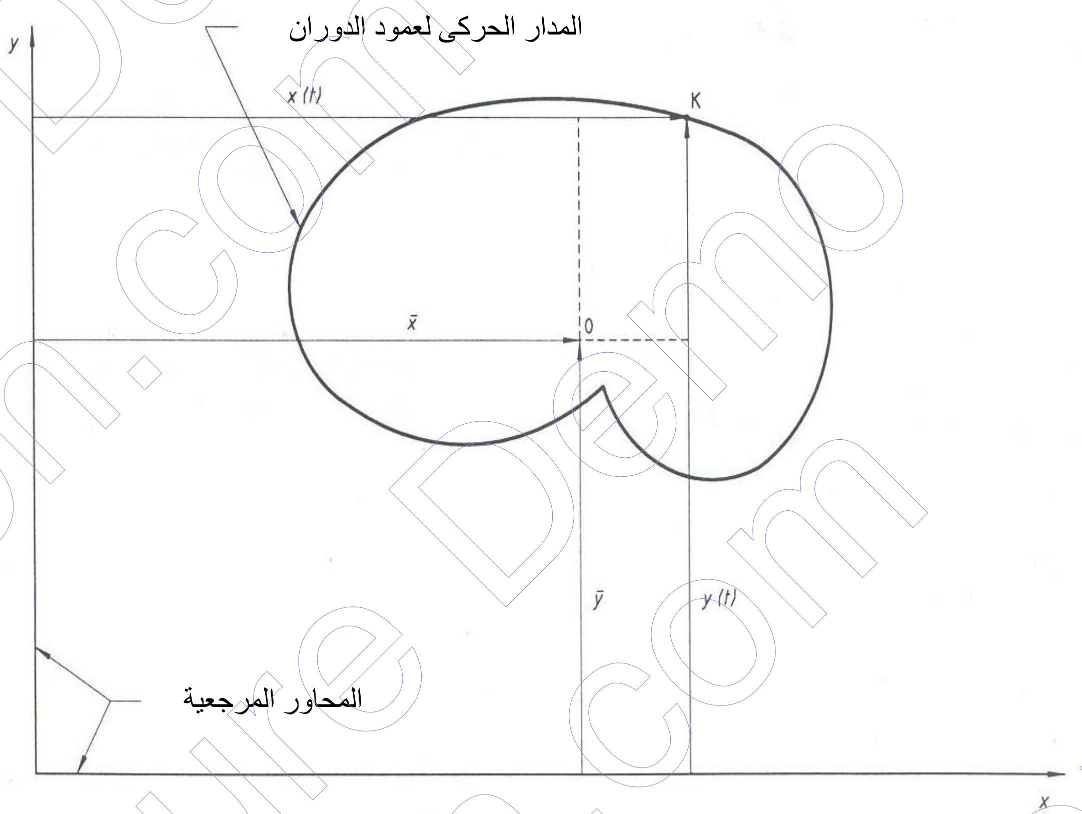
يمكن تعريف القيمة اللحظية لإزاحة عمود الدوران بالقيمة S_1 مثلما يوضح ذلك الشكل ب-٢ وهى التى يتم اشتقاقها من قيم قياسات محولى الطاقة S_{A1} و S_{B1} باستخدام المعادلة (B.3) وهناك نقطة على المدار تعرف بالنقطة P فى الشكل ب.٢ حيث تكون الإزاحة من الوضع المتوسط هى القصوى. والقيمة S_1 الناتجة عن هذا الوضع يستدل عليها بالقيمة S_{max} والتى تعرف على أنها القيمة القصوى للإزاحة.

$$S_{max} = [S_1(t)]_{max} = \left[\sqrt{[S_A(t)]^2 + [S_B(t)]^2}\right]_{max} \quad \text{ب- ٦}$$

ولاتنطبق بالضرورة النقطة الموجودة على المدار عند ظهور القيمة S_{max} مع النقطة الموجودة عندما تكون القيمتان S_A و S_B عند قيمتهم القصوى. ويتضح أنه بالنسبة لمدار محدد يكون هناك قيمة واحدة لـ S_{max} ولاتعتمد على موضع قياس محولات الطاقة بشرط ألا يتغير الوضع المتوسط (0).
ويمكن تقريب القيمة $S_{(p-p)max}$ من المعادلة التالية:

$$S_{(p-p)max}=2S_{max} \quad \text{ب- ٧}$$

وتكون المعادلة ب-٧ صحيحة عندما يكون القياسان المتعامدان اللذان يتم اشتقاق القيمة S_{max} منهما له شكل جيبى فردى التردد. وفى معظم الحالات الأخرى ترفع هذه المعادلة من تقدير قيمة $S_{(p-p)max}$ حيث يعتمد هذا على طبيعة مكونات الاهتزاز التوافقية الموجودة فى القياس.
ويجب ملحوظة أن تعريف القيمة S_{max} يتطلب معرفة القيمة المتوسطة للتكامل الزمنى الخاصة بإزاحة عمود الدوران. ولذلك فإنه لايمكن قياس القيمة S_{max} إلا بأجهزة ليستطيع قياس كلاً من القيم المتوسطة والمتغيرة. إضافة إلى ذلك، إن تقييم القيمة S_{max} من الإشارات التى ينتجها اثنان من مجسات الاهتزازات هى إجراء حسابى معقد نسبياً ويحتاج إلى تجهيزات قياس متخصصة.



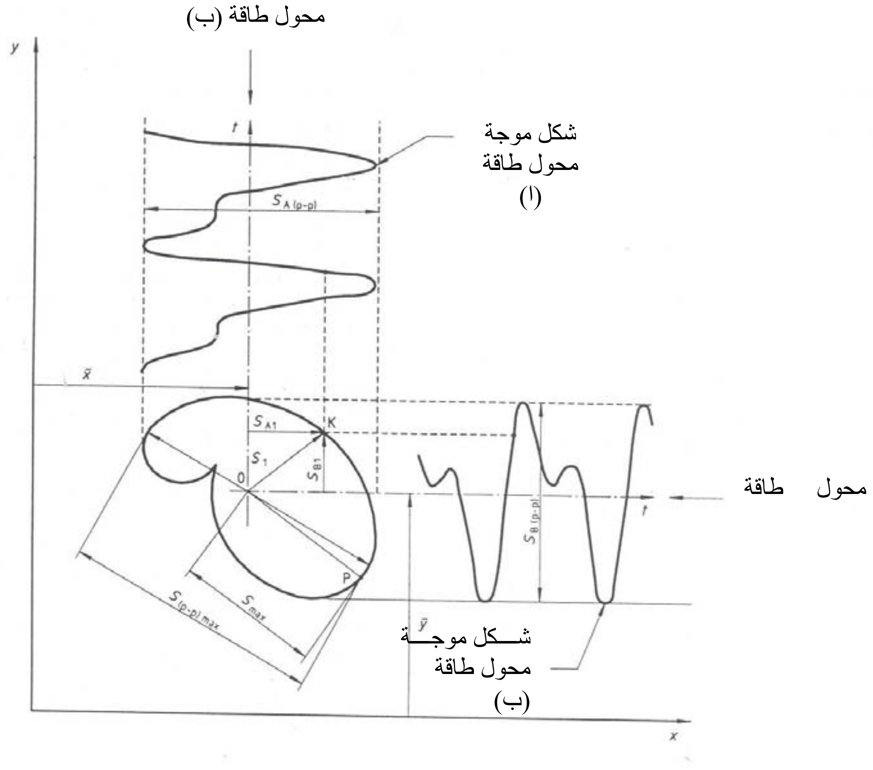
شكل ب/١ المدار الحركى لعمود الدوران

0 الموضع المتوسط للمدار

K الموضع اللحظى لمركز عمود الدوران

$\overline{X}$, $\overline{y}$ القيم المتوسطة لازاحة عمود الدوران

x(t), y(t) القيم المتغيرة المعتمدة على الزمن لازاحة عمود الدوران



شكل ب / ٢ المدار الحركي للعمود – تعريف الازاحة

x_1y المحاور المرجعية الثابتة

0 الموضع المتوسط للمدار بالتكامل الزمني

$\overline{x}, \overline{y}$ القيم المتوسطة لازاحة عمود الدوران وبالتكامل الزمني

k الموضع اللحظي لمركز عمود الدوران

p موضع عمود الدوران لاقصى ازاحة من الموضع المتوسط بالتكامل الزمني

s_1 القيمة اللحظية لازاحة عمود الدوران

S_{max} القيمة القصوي لازاحة عمود الدوران من الموضع المتوسط بالتكامل الزمني(0)

S_{A1},S_{B1} القيم اللحظية لازاحة عمود الدوران في اتجاهات محولات الطاقة أ ، ب على التوالى

$S_{(p-p)max}$ القيمة القصوي للازاحة (قمة الي قمة)

$S_{A(p-p)}$, $S_{B(p-p)}$ قيم ازاحة عمود الدوران (قمة الي قمة) في اتجاهات محولات الطاقة أ ، ب على التوالى

الملحق (ج)

(إرشادى)

التوصيات الخاصة بالتجهيزات المستخدمة لقياس الاهتزازات النسبية والمطلقة للعمود

مقدمة

هناك ثلاثة أنواع من أنظمة القياس الشائعة الاستخدام فى قياس الاهتزازات المستعرضة للأعمدة ويستخدم كلاً من هذه الأنظمة إما واحد أو اثنان من اتجاهات القياس. فأحد هذه الأنظمة يستخدم محولات الطاقة غير الملامسة التى تقوم بقياس الحركة النسبية بين عمود الدوران والكرسى. والنظام الآخر يستخدم محولات الطاقة الزلزالية المركبة على عمود الدوران والتى تقوم بقياس الحركة المطلقة للعمود. أما النظام الثالث فهو يعطى قياسات للحركة المطلقة للعمود بتجميع نتائج محولات الطاقة غير الملامسة ومحولات الطاقة الزلزالية المثبتة على الهيكل (مثل تلك المثبتة على غطاء كرسى التحميل).

:

فى الأمثلة المعطاة فى الفقرات من ج/١ إلى ج/٣ يستخدم محولى طاقة مثبتان ويفصل بينهما زاوية مقدارها ٩٠ درجة فى نفس المستوى القطرى عمودياً على محور عمود الدوران. ولكن فى حالات محددة تكون القياسات فى اتجاه واحد كافية. (انظر الفقرة ٣/٣).

ج/١ نظام قياس الحركة النسبية (محولات الطاقة غير الملامسة)

بوضح الشكل ج/١ رسم بيانى تخطيطى لنظام جهاز قياس يستخدم لقياس الحركة النسبية بين عمود الدوران والجزء الهيكلى (مثل غطاء كرسى التحميل). ويتكون هذا النظام من محول الطاقة غير ملامس مهيىء إشارة وجهاز قراءة.

ويفضل أثناء التثبيت الأولى لمحول الطاقة أن يتم عمل معايرة فى الموقع لتحديد تنفيذ خرج محول الطاقة مع المسافة بينه وبين عمود الدوران. ويجب ملحوظة أن ظروف تشغيل الماكينات يمكن أن تغير متوسط هذه المسافة ، لذلك يجب توخى الحرص لضمان التشغيل فى النطاق الخطى لمحول الطاقة.

كما يجب توخى الحرص أيضاً عند تثبيت محولات الطاقة غير الملامسة لضمان أنها تتأثر اهتزازات عمود الدوران فقط وأن دقة القياس لا تتأثر بأى مواد موصلة أو مجالات مغناطيسة بالقرب من المحول الطاقة.

ويوصى بأن يكون نظام القياس قادراً على تحديد كل من قيم الإزاحة المتغيرة (المتناوبة) المعتمدة على السرعة فى نطاق تردد القياس وكذلك تحديد الوضع المتوسط للعمود بالنسبة إلى الهيكل. ويوفر الأخير وسيلة لضبط المسافة الصحيحة لمحول الطاقة وكذلك يعطى تقييماً لكم الإنتجاء الأقصى الذى يتم الحصول عليه عند السرعة المنخفضة عندما تتواجد الأغشية الزيتية لكراسى التحميل الثابتة وتكون تأثيرات الطرد المركزى مهملة. (فعلى سبيل المثال فى ماكينة ذات سرعة تشغيل ٣٠٠٠ ل / د فيمكن قياس الإنتحاء الأقصى عند سرعة ٢٠٠ ل / د).

و من المتعارف علية ان هناك أنظمة قياس أخرى يتم استخدامها مثل مجسات الحركة النسبية المركب على عمود الدوران.

:

ويجب توخى الحذر عند تفسير قياسات الأقصى عند سرعات الدوران البطيئة حيث يمكن أن تتأثر بعوامل مثل الإنحناء المؤقت، والحركة غير المنتظمة لمقعدة عمود الدوران فى نطاق خلوص الكرسى، والحركة المحورية...الخ.

ج/٢ نظام قياس الحركة المطلقة (عمود الدوران الراكب مع محول طاقة زلزالي)

يوضح الشكل ج/٢ مخططاً لنظام الجهازالمثالى المستخدم لقياس الحركة المطلقة للعمود. ويتكون هذا النظام من محول الطاقة زلزالى (من نوع السرعة أو التسارع) يتم تثبيته على عمود الدوران الراكب، وكذلك نظام دعائم لراكب عمود الدوران الذى يسمح له باتباع حركة عمود الدوران بدقة وأيضاً جهاز لقراءة القياس.

:

لايمكن قياس الوضع المتوسط للعمود بالنسبة إلى الهيكل بهذا النظام.

ويجب أن تكون آلية الراكب دقيقة فى نقل اهتزازات عمود الدوران إلى محول الطاقة الزلزالى كما يجب أن تكون خالية من أى قلقلة أو ترددات طبيعية والتى قد تؤثر بشكل سلبى أو تشوه قياسات اهتزاز عمود الدوران فى نطاق التردد المطلوب.

ويجب معالجة مخرجات محول الطاقة الزلزالى بشكل ملائم لتعطى إشارة دقيقة لقيم الإزاحة عمود الدوران المتغيرة المعتمدة على الزمن ٠

ج/٣ نظام قياس الحركة المطلقة(مجموعة من محولات الطاقة الزالزالية ومحولات الطاقة غير التلامسية)

يوضح الشكل ج/٣ مخططاً لنظام جهاز مثالى مستخدم فى قياس حركة المطلقة لعمود الدوران والتى قد تستخدم أيضاً فى قياس الحركة المطلقة لمبيت كرسى التحميل وكذلك الحركة النسبية للعمود. ويتكون هذا النظام من محولات طاقة غير ملامسة أحدهم من محول طاقة الإزاحة النسبية و محول الطاقة الزالزالي (من نوع السرعة أو لقياس التسارع)،و مهيىء إشارة وجهاز قراءة.

ويجب تثبيت كلا محولى الطاقة على هيكل جسىء واحد متقاربين جدا بحيث تكون محاورهما الحساسة متوازية وذلك للتأكد من أن كلاهما يخضع لنفس الحركة الهيكلية المطلقة.

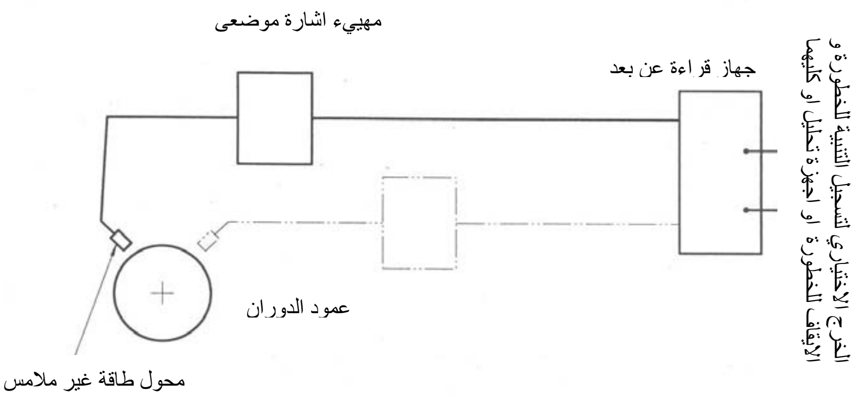
بالنسبة لمحول الطاقة غير الملامس أنظر الفقرة ج/١ ويجب أن يعطى محول الطاقة مخرجات تتناسب مع قياسات اهتزازت الازاحة النسبية لعمود الدوران وكذلك مسافة الفجوة. وتكون هذه القياسات ناتجة عن حركتان: حركة عمود الدوران وحركة الهيكل الذى يتم تثبيت محول الطاقة غير الملامس عليه.

ويجب معالجة مخرجات محولات الطاقة الزالزالية كى تعطى إشارة إزاحة محول الطاقة الزلزالى المتناسبة. ويجب ضبط السعة والطور لهذه الإشارة مع تلك الخاصة بمجس غير الملامس وجمعهم بشكل متجهى لإعطاء قياساً دقيقاً لحركة عمود الدوران المطلقة. ويجب ملاحظة أن أنظمة القياس المستقلة يمكن أن تعدل قيم الطور والسعة الخاصتان بالإشارة الأساسية. لذلك يجب تصحيح ذلك قبل الجمع المتجهى. ويعطى محول الطاقة الزلزالى أيضاً مخرجات تتناسب مع الاهتزاز المطلق للجزء غير الدوار (على سبيل المثال ذلك الجزء الخاص بغطاء كرسى التحميل).

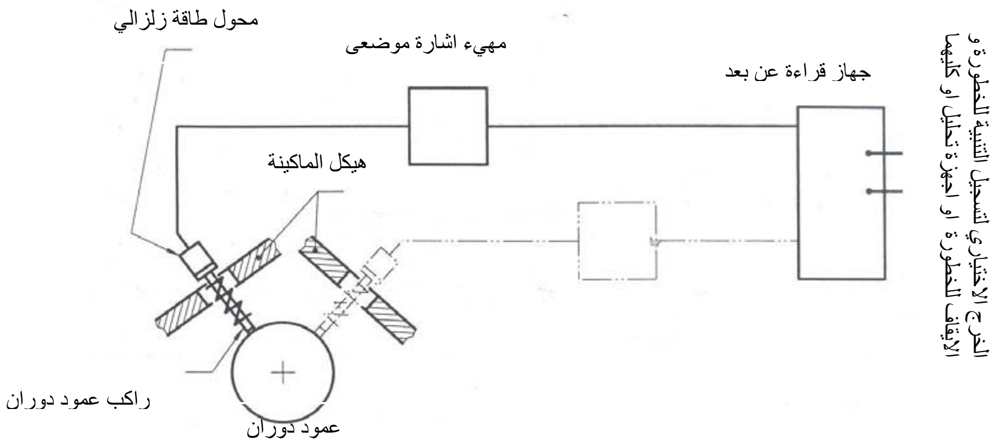
ويجب أن يكون نظام القياس قادراً على بيان الموضع المتوسط لعمود الدوران بالنسبة إلى هيكل الدعائم وكذلك قيمة الإزاحة المتغيرة بالنسبة للزمن والخاصة بالاهتزاز المطلق للعمود وهى المجموع المتجهى للحركة المطلقة للهيكل والحركة النسبية للعمود.

ج/٤ أداء نظام الأجهزة الكامل والأعتبارات البيئية

ستتضمن المواصفات القياسية الأخرى مستقبلاً موضوعات عن أداء الأنظمة والاعتبارات البيئية.

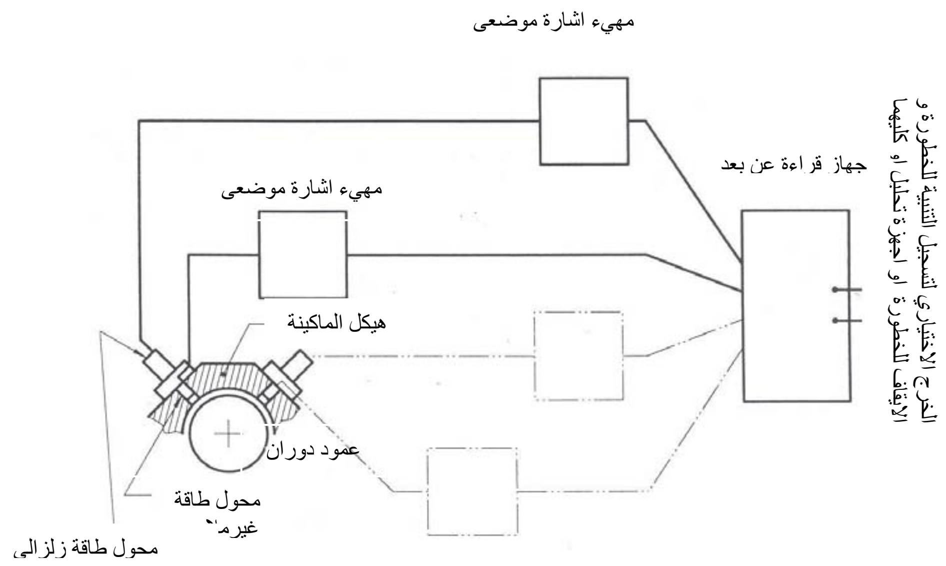


شكل جـ /١ رسم تخطيطي لنظام قياس الحركة النسبية بإستخدام محولات طاقة غير تلامسية (انظر الفقرة جـ/١)



شكل جـ/٢

رسم تخطيطي لنظام قياس الحركة المطلقة بإستخدام الية عمود دوران راكب مع محولات طاقة زالزالية (انظر الفقرة جــ٢)



شكل جـ/٣

رسم تخطيطي لنظام قياس الحركة المطلقة بإستخدام مجموعة من محولات طاقة زالزالية وغير تلامسية (انظر الفقرة جـ/٣)

الملحق (د)

(إرشادى)

التحليل المتجهى للتغير فى الاهتزازات

مقدمة

يتضمن الملحق (أ) معايير التقييم فيما يخص قيم التشغيل الثابتة العادية لاهتزاز عمود الدوران وأى تغيرات قد تحدث فى مقدار هذه القيم المستقرة. ولكن هناك بعض التغيرات التى يمكن تحديدها فقط عن طريق التحليل المتجهى للمكونات التردد الفردية.

د/١ عام

إشارة الاهتزاز الكلية المستقرة التى يتم قياسها على الأعمدة الدوارة هى إشارة معقدة فى طبيعتها، و تتكون من عدد من مكونات التردد المختلفة. ويتم تعريف أى من هذه المكونات عن طريق تردده وسعته وطوره بالنسبة إلى مستوى مرجعى . وتقوم أجهزة مراقبة الاهتزازات التقليدية بقياس مقدار الإشارة الكلية المركبة ولاتتميز بالتفريق بين مركبات التردد الفردية. ولكن أجهزة التشخيص الحديثة تستطيع تحليل الإشارة المركبة بحيث يمكن تحديد السعة والطور لكل عنصر تردد. وتعد هذه المعلومات ذات قيمة كبرى بالنسبة لمهندسى الاهتزازات لأنها تسهل عملية تشخيص الأسباب المحتملة للسلوك الاهتزازى غير الطبيعى.

ولايمكن رؤية التغيرات فى مركبات التردد الفردية (والتى قد تكون ذات أهمية) على أنها تغيرات فى المتجه أكثر منها تغيرات فى الاهتزازات الواسعة النطاق.

د/٢ أهمية تغير المتجه

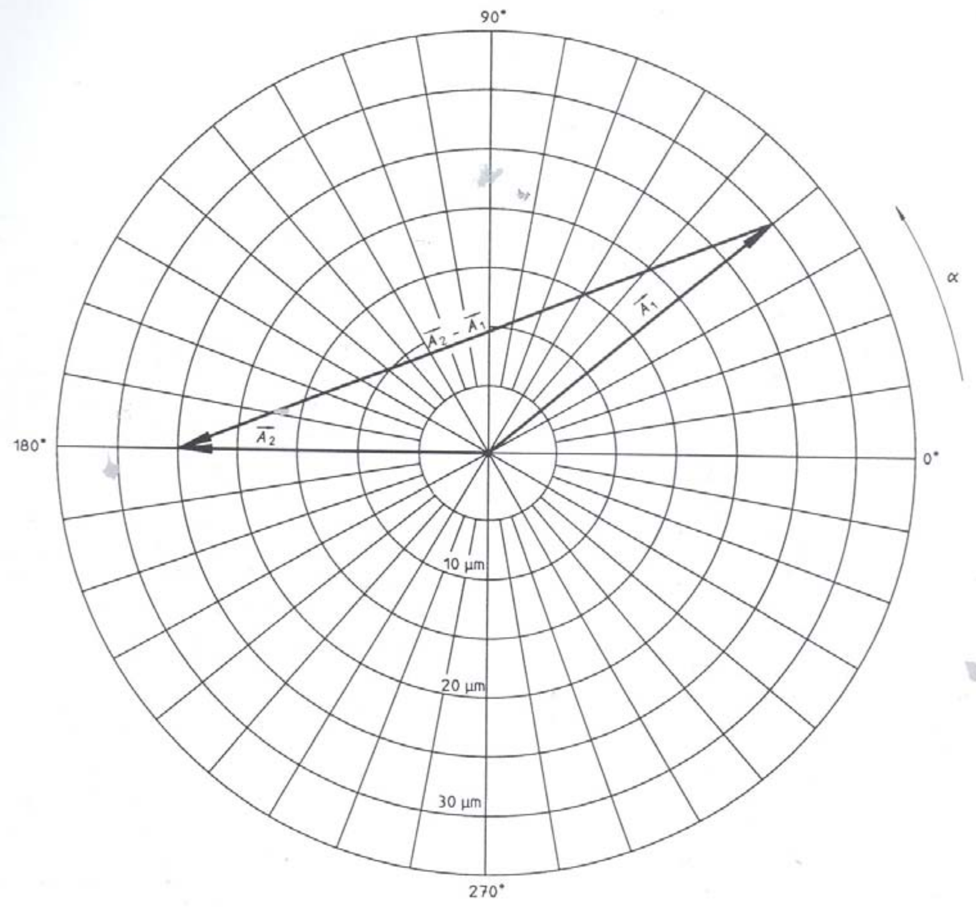
الشكل د/١ هو مخطط قطبى يستخدم ليعرض بشكل متزامن وفى شكل متجهى السعة والطور لواحدة من عناصر التردد الخاصة بإشارة الاهتزاز المركبة.

ويصف المتجه $\vec{A}_1$ حالة الاهتزاز المستقرة الأولية وهذا يعنى أن مقدار الاهتزاز فى هذه الحالة يكون 30µm بزاوية طور مقدارها ٤٠ درجة. والمتجه $\vec{A}_2$ يصف حالة الاهتزاز المستقرة بعد حدوث بعض التغيرات للماكينة وهذا يعنى أن مقدار الاهتزاز الآن 25µm بزاوية طور مقدارها ١٨٠ درجة. ومن ثم فإنه بالرغم من أن مقدار الاهتزازات قد تناقص بمقدار 5µm فإن التغير الحقيقى فى الاهتزازات يمثله المتجه $\vec{A}_2 - \vec{A}_1$ والذى مقداره52µm أى أكبرعشر مرات أكبر من ذلك المشار إليه بالمقارنة بمقدار الاهتزاز وحده.

ويوضح هذا المثال حدود وضع معيار للتغير فى الاهتزاز مبنيا على أساس مقدار الاهتزاز فقط.

د/٣ مراقبة تغيرات المتجه

يوضح المثال السابق أهمية تحديد تغير المتجه فى إشارة الاهتزاز. ولكن من الضرورى تفهم أنه بشكل عام، تتكون إشارة الاهتزاز الكلية من عدد من مكونات التردد الفردية والتى قد يسجل كل منها تغيراً فى المتجه. وإضافة إلى ذلك قد يكون التغير غير المقبول فى أحد عناصر التردد بعينه قد يكون داخل نطاق الحدود المقبولة لعنصر آخر مختلف. وبالتالى ليس من الممكن فى الوقت الحاضر تحديد معايير لتغيرات المتجه فى عناصر التردد الفردية المتوافقة مع سياق هذا الجزء من المواصفة والذى يهدف بشكل رئيسى إلى أن يقوم غير المتخصصين فى مجال الاهتزازات بمراقبة التشغيل العادية للاهتزازات الكلية.



المتجه الابتدائى للحالة المستقرة $\left|\vec{A}_1\right| = 30\mu m, \alpha = 40^{\circ}$

متجه الحالة المستقرة بعد التغير $\left|\vec{A}_2\right| = 20\mu m, \alpha = 180^{\circ}$

مقدار التغير في الاهتزاز $\left|\vec{A}_2\right| - \left|\vec{A}_1\right| = -5\mu m$

متجة التغير $\left|\vec{A}_2 - \vec{A}_1\right| = 52\mu m$

شكل د/١ : مقارنة بين تغير المتجه والتغير في مقدار مكون التردد المنفصل

٦- المصطلحات

الإيقاف للخطورة .... trips
تنبيهات الخطورة .... alarms
الزمن الدورى .... period
عمود دوران راكب .... shaft rider
محول طاقة .... transducer

٧- المراجع

المواصفة القياسية الدولية ISO 7919-1/1996
Mechanical Vibration of non-reciprocating Machines-Measurement on Rotating Shafts an Evaluation Criteria .
Part 1 : General Guidelines .

- الجهات التى اشتركت فى وضع المواصفة

قام بإعداد هذه المواصفة اللجنة الفنية رقم (١٣/٥) والخاصة والتى يضم تشكيلها الجهات التالية :

- الهيئة المصرية العامة للمواصفات و الجودة .
- كلية هندسة – جامعة القاهرة .
- شركة الفجر للصناعات الهندسية .
- المعهد القومي للقياس والمعايرة .
- الهيئة العامة للرقابة على الصادرات والواردات .
- المركز القومى للبحوث .
- شركة السويس لتصنيع البترول .

الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة

١- أنشئت الهيئة المصرية العامة للتوحيد القياسى عام ١٩٥٧ بالقرار الجمهورى رقم ٢٩ لسنة ١٩٥٧ الذى نص على اعتبارها المرجع القومى المعتمد للشئون التوحيد القياسى ونص القانون رقم ٢ لسنة ١٩٥٧ على أن المواصفة لا تعتبر قياسية إلا بعد اعتمادها من الهيئة.

٢- فى عام ١٩٧٩ صدر القرار الجمهورى رقم ٣٩٢ لسنة ١٩٧٩ الذى قرر ضم مركز ضبط الجودة إلى الهيئة.

٣- فى عام ٢٠٠٥ صدر القرار الجمهورى رقم ٨٣ لسنة ٢٠٠٥ بإعادة تسمية الهيئة لتصبح الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة ، وبناء عليه فإن الهيئة تختص بما يلى :

- إعداد وإصدار المواصفات القياسية للخامات والمنتجات والخامات والأجهزة ونظم الإدارة والتوثيق والمعلومات ومتطلبات الأمن والسلامة وفترات الصلاحية وأجهزة القياس.
- التفتيش الفنى والاختبار والرقابة وسحب العينات وإصدار شهادات المطابقة للمواصفات المعتمدة وشهادات المعايرة لأجهزة القياس.
- الترخيص بمنح علامة الجودة للمنتجات الصناعية وعلامات وشهادات الجودة والمطابقة المنتجات للمواصفات القياسية.
- تقديم المشورة الفنية وخدمات التدريب فى مجالات المواصفات والجودة القياس والمعايرة والاختبار والمعلومات لجميع الأطراف المعنية.
- تمثيل مصر فى أنشطة المنظمات الدولية والإقليمية العامة فى مجالات المواصفات والجودة والاختبار والمعايرة.

تقوم الهيئة بتنفيذ متطلبات واشتراطات اتفاقية العوائق الفنية على التجارة لمنظمة التجارة العالمية حيث أن الهيئة هى نقطة الاستعلام المصرية للإمداد بالمعلومات والوثائق فى مجال المواصفات وتقييم المطابقة.

٤- يدير الهيئة مجلس إدارة برئاسة وكيل أول الوزارة رئيس الهيئة، ويضم المجلس فى عضوية ممثلين عن مختلف الجهات المعنية للتوحيد القياسى وجودة الإنتاج والاختبار والمعايرة فى مصر بالإضافة إلى عدد من الأكاديميين والعلميين والخبراء والقانونيين ورجال الإعلام.

٥- يتم إعداد المواصفات القياسية من خلال لجان فنية يربو عددها على مائة لجنة يشارك فيها خبراء طبقاً للمعايير الدولية ومتخصصون من جميع الجهات المعنية ويقوم بالأمانة الفنية لها أعضاء من العاملين بالهيئة.

٦- يتم توزيع مشاريع المواصفات على قاعدة عريضة من الجهات المعنية والبلاد العربية لإبداء الملاحظات خلال فترة ستين يوماً كما تعرض هذه المشاريع على لجنة الصياغة ولجان عامة للمراجعة قبل العرض على مجلس الإدارة.

٧- تتبع الهيئة نظام الترخيص للمصانع باستخدام علامات الجودة على السلع والمنتجات المطابقة للمواصفات المصرية وذلك حماية المستهلكين وخدمة للصانعين لرفع جودة منتجاتهم. ويوجد بالهيئة مجموعة كبيرة من المعامل الحديثة لاختبار المنتجات الكيمائية ومواد البناء والتشييد والمنتجات الهندسية والغذائية ومنتجات الغزل والنسيج بالإضافة إلى معامل للقياس والمعايرة الميكانيكية والكهربائية والفيزيائية.

٨- يتوفر بالهيئة وحدة لحماية المستهلك لتتلقى شكواهم وتعمل على حلها وقد لاقت أعمال الوحدة نجاحاً كبيراً.

٩- يتوفر بالهيئة المكتبة الوحيدة فى مصر المتخصصة فى المواصفات القياسية تحتوى على
أكثر من ١٣٠ ألف مواصفة دولية وأجنبية وإقليمية وعربية ومصري

EGYPTIAN STANDARDS

ES

ES:6470-1/ 2008

ISO 7919-1/1996

MECHANICAL VIBRATION OF NON-RECIPROCATING MACHINES-MEASUREMENT ON ROTATING SHAFTS AN EVALUATION CRITERIA .

PART : 1

GENERAL GUIDELINES

ICS :17.160

Arab Republic of Egypt
Egyptian Organization for Standardization and Quality